

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 08-097771

(43)Date of publication of application : 12.04.1996

(51)Int.Cl. H04B 10/02
 H04B 10/18
 G02B 6/00
 H04J 14/00
 H04J 14/02

(21)Application number : 06-231328

(71)Applicant : FUJITSU LTD

(22)Date of filing : 27.09.1994

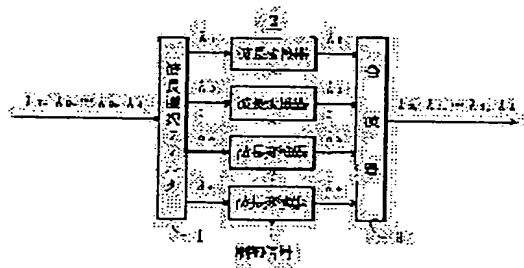
(72)Inventor : ISHIKAWA JOJI

(54) OPTICAL WAVELENGTH MULTIPLEX TRANSMISSION SYSTEM

(57)Abstract:

PURPOSE: To suppress the effect due to 4-light wave mixture (FWM) crosstalk being a nonlinear energy drop in an optical fiber on the condition that each wavelength interval is equal by providing a wavelength converter and a synthesizer synthesizing signals of each wavelength outputted from the wavelength converter and providing an output.

CONSTITUTION: The system is provided with a wavelength selection filter 1 branching an optical signal subjected to wavelength multiplex for each wavelength, a wavelength converter 2 setting a crosstalk light level to be a prescribed level or below through replacement of wavelengths by applying wavelength conversion to a signal of each wavelength branched by the filter 1 according to a control signal, and a synthesizer 3 synthesizing signals of each wavelength outputted from the wavelength converter 2 and providing an output. Then the wavelength filter 1 separates a signal light on which wavelengths λ_1 , $\lambda_2, \dots, \lambda_3, \lambda_4$ are multiplexed for each wavelength and gives the result to the converter 2. The converter 2 rearranges the wavelengths λ_1 and λ_2 each other and sends them to the synthesizer 3. the synthesizer 3 synthesizes the wavelengths and provides an output, then FWM crosstalk amt. with a reference level or below is obtained from all channels.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

BEST AVAILABLE COPY

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平8-97771

(43) 公開日 平成8年(1996)4月12日

(51) Int.Cl. ⁴	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 4 B 10/02				
10/18				
G 0 2 B 6/00	3 0 6			
			H 0 4 B 9/ 00	M
				E
審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 11 頁) 最終頁に続く				

(21) 出願番号 特願平6-231328

(22) 出願日 平成6年(1994)9月27日

(71) 出願人 000005223

富士通株式会社

神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地

(72) 発明者 石川 丈二

神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地

富士通株式会社内

(74) 代理人 弁理士 茂泉 修司

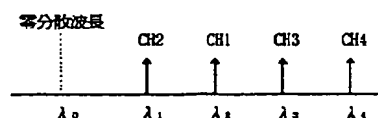
(54) 【発明の名称】 光波長多重伝送方式

(57) 【要約】

【目的】 光ファイバの零分散波長周辺の帯域を用いた光波長多重伝送方式に関し、波長間隔が等しいことを条件として光ファイバの非線形効果である F W M によるクロストークによる影響を小さくする。

【構成】 入力した波長多重された光信号を各波長毎に分波する波長選択フィルタと、該フィルタで分波された各波長の信号を制御信号に従って波長変換することにより波長間の入れ換えを行ってクロストーク光レベルを所定値以下にする波長変換器と、該波長変換器から出力された各波長の信号を合波して出力する合波器とを伝送路中に挿入する。

本発明の原理説明図
(波長数 4 の場合の波長入れ換えの例)



1

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 入力した波長多重された光信号を各波長毎に分波する波長選択フィルタ (1) と、
該フィルタ (1) で分波された各波長の信号を制御信号に従って波長変換することにより波長間に入れ換えを行ってクロストーク光レベルを所定値以下にする波長変換器 (2) と、
該波長変換器 (2) から出力された各波長の信号を合波して出力する合波器 (3) と、
を備えた波長変換装置を含むことを特徴とした光波長多重伝送方式。

【請求項 2】 請求項 1 に記載の光波長多重伝送方式において、該制御信号が、波長変換すべき少なくとも 1 つの波長変換装置を指定することを特徴とした光波長多重伝送方式。

【請求項 3】 請求項 1 に記載の光波長多重伝送方式において、該制御信号が、所定ローテーションに従って波長変換が行われるように複数の波長変換装置を指定することを特徴とした光波長多重伝送方式。

【請求項 4】 請求項 1 乃至 3 のいずれかに記載の光波長多重伝送方式において、該波長選択フィルタ (1) が、入力した波長多重された光信号を該多重された波長の数だけ分波する分波器 (1-1) と、該分波器 (1-1) の各出力光信号から互いに異なる波長を選択する波長選択フィルタ (1-2) とで構成されていることを特徴とした光波長多重伝送方式。

【請求項 5】 請求項 1 乃至 4 のいずれかに記載の光波長多重伝送方式において、該合波器 (3) の後段に、該波長変換器 (2) による損失を補償する光増幅器 (4) を設けたことを特徴とした光波長多重伝送方式。

【請求項 6】 請求項 1 乃至 5 のいずれかに記載の光波長多重伝送方式において、各波長変換器 (2) と該合波器 (3) との間に各波長変換器 (2) の変換効率に対応して互いに均一なレベルに光増幅する光増幅器 (5) を設けたことを特徴とした光波長多重伝送方式。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は光波長多重伝送方式に関し、特に光ファイバの零分散波長周辺の帯域を使用した光波長 (光周波数) 多重伝送方式に関するものである。

【0002】 近年、急激な情報量の増加に伴って大容量通信システムが必要になって来ているが、その中でも光通信システムは最も有望とされている。現在ではエルビウムドープ光ファイバ増幅器 (以下、EDFA と略称する) と 1.55 μm 帯分散シフトファイバ (DSF) 伝送路を用いた伝送速度 10 Gb/s の光波長多重伝送方式が研究・開発段階から実用段階へ進展しつつある。

【0003】 今後、更なる光通信システムの大容量化のためには、光波長軸上での多重化を図る WDM 方式 (= 光周波数軸上での多重化を図る FDM 方式) が有力であ

2

り、数十～数百 Gb/s の大容量化が期待されている。

【0004】 この場合、光ファイバ中では、自己位相変調効果 (Self-phase modulation: SPM) と群速度分散 (Group-velocity dispersion: GVD) との相互作用 (SPM-GVD 効果) により伝送波形劣化が生じるため、再生中継器の間隔を確保するには、異なる波長の信号光の光ファイバにおける伝播時間が異なることによって生ずる分散 (群速度分散) 値はできるだけ小さく設定する必要がある。1.55 μm 帯分散シフトファイバ伝送路の適用が有効である。

【0005】 しかしながら、各信号光波長が伝送路の零分散波長に近づくほど、信号光間のクロストークが発生し、伝送特性が劣化する。

【0006】 即ち、波長分散を考慮して光ファイバの零分散波長付近に波長 $\lambda_1 \sim \lambda_n$ の n 波の信号光を並べて光ファイバに入力した場合、この中の任意の 3 波 (3 チャンネル)、 λ_i 、 λ_j 、 λ_k により、光ファイバの 3 次の非線形感受率 $\chi^{(3)}$ を介して、波長 λ_{ijk} ($i \neq k$, $j \neq k$) の第 4 の光が発生し、これは四光波混合 (FWM: Four Wave Mixing) と称される。

【0007】 この FWM 波長 λ_{ijk} は $\lambda_{ijk} = \lambda_i + \lambda_j - \lambda_k$ の関係を満たし、波長 λ_{ijk} の位置に信号光がある場合にはクロストーク (FWM クロストーク) となって伝送特性を劣化させる。

【0008】 特に、チャンネル間隔が等間隔でチャンネル数が多い場合には、 i 、 j 、 k の組み合わせで、波長 λ_{ijk} の位置に複数の FWM 光が重畳され、クロストーク量が増加する。

【0009】 また、波長 λ_{ijk} の発生効率 η_{ijk} は λ_i 、 λ_j 、 λ_k 、 λ_{ijk} の位相関係により変化し、光ファイバの零分散波長 λ_0 近傍で大きくなる。

【0010】 そこで、再生中継器間隔の確保と FWM クロストークの抑圧を両立させるための対策が必要とされる。

【0011】

【従来の技術】 FWM クロストークの光パワーは、①伝送路の零分散波長と信号光波長の関係、②波長間隔、③波長数、及び④信号光パワーによって決まることが知られている。

【0012】 光波長多重伝送システムの設計においては、まず、インライン中継器間隔と信号光の許容分散波長をパラメータとして、光 SNR 劣化及び SPM-GVD 効果による伝送波形劣化の 2 つの要因に基づき、再生中継器間隔 (中継数) と中継器光出力パワーが決定される。更に、WDM 伝送波長帯域と波長間隔 $\Delta \lambda_s$ から波長数 N が決まる。

【0013】 EDFA 多段接続時には、セルフ・フィルタリング効果により、中継数が増加すればするほど利得平坦波長帯域が狭くなり、WDM 伝送波長帯域が制限される。

3

【0014】一方、波長間隔は波長選択フィルタの性能（通過帯域特性の切れ）により決定される。例えば、4中継方式の場合（図15参照）、EDFA利得平坦領域は1550～1560nmの範囲になり、現在、実用レベルにある誘電体多層膜フィルタの特性として $\Delta\lambda_s = 3\text{nm}$ を考慮すると、波長数は4が限界となる。

【0015】上記の議論は等波長間隔の場合であるが、FWM発生波長を信号光波長と一致させず、クロストークの影響を低減するために、波長間隔を不等間隔にする方法もある。

【0016】しかしながら、この場合はWDM伝送波長帯域が拡大し、またFWMクロストーク波長が受信機内の波長選択フィルタの帯域内に入るのを完全に避けるのは難しい。

【0017】さらに、送信側のレーザーダイオードの波長を不等間隔に精密に制御することは、等間隔に制御するよりも複雑化する。つまり、限定された波長帯域の中で波長数を確保するには、波長間隔は等間隔が望ましく、その条件下で、できるだけFWMクロストークの影響を抑圧する方法が求められる。

【0018】このようなことから、波長間隔（ $\Delta\lambda_s$ ）を等しくしてFWMクロストークの影響を抑圧するために、本出願人は特願平5-242564号において、図16に示す如く、光ファイバの零分散波長 λ_0 を含む所定帯域幅のFWM光抑制用ガードバンド $\Delta\lambda_g$ を設定し、多重化*

$$P_{ijk} = \eta_{ijk} \cdot \frac{1024 \pi^6 d^2 \lambda_{ijk}^2}{n^4 \lambda^2 c^2} \cdot \left(\frac{L_{eff}}{A_{eff}} \right)^2 \cdot P_i P_j P_k \cdot \exp(-\alpha L) \quad \dots \text{式 (1)}$$

【0023】

30 【数2】

$$\eta_{ijk} = \frac{\alpha^2}{\alpha^2 + \Delta\beta^2} \left\{ 1 + 4 \exp(-\alpha L) \frac{\sin^2(\Delta\beta L/2)}{1 - \exp(-\alpha L)} \right\} \quad \dots \text{式 (2)}$$

【0024】但し、d：縮退係数（ $i \neq j \neq k$ のときd=6、 $i = j \neq k$ のときd=3）

n：光ファイバのコア屈折率

c：光速

α ：光ファイバの減衰係数

L：光ファイバ長

$L_{eff} = (1 - \exp(-\alpha L)) / \alpha$ ：実効ファイバ長 ※

① $\lambda_i \neq \lambda_j \neq \lambda_k$ のとき

$$\Delta\beta = \frac{\pi \lambda^4}{3 c^2} \cdot \frac{dD}{d\lambda} \cdot \left\{ (\lambda_i + \lambda_j - \lambda_k - \lambda_0)^2 - (\lambda_i - \lambda_0)^2 - (\lambda_j - \lambda_0)^2 + (\lambda_k - \lambda_0)^2 \right\} \quad \dots \text{式 (3)}$$

【0027】

【数4】

4

*すべき複数のチャンネル（CH1～CH4）の信号光を、該ガードバンド $\Delta\lambda_g$ 外の短波長側又は長波長側に配置する光波長多重伝送方式を提案している。

【0019】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、このような特願平5-242564号に係る従来の技術では、零分散波長 λ_0 から一定波長離れたガードバンド $\Delta\lambda_g$ を設けているため、信号光自体の波長も零分散波長 λ_0 から離れることとなり、その分だけ分散が大きくなって上記のSP M-GVD 効果が大きくなってしまおうという問題点があった。

【0020】従って本発明は、光ファイバの零分散波長周辺の帯域を用いた光波長多重伝送方式において、波長間隔が等しいことを条件として光ファイバの非線形効果であるFWMによるクロストークによる影響を小さくすることを目的とする。

【0021】

【課題を解決するための手段及び作用】

【原理】一般に、FWMクロストークを引き起こす3つの信号光の偏波および光ファイバ入力端での位相が一致している場合、FWM光パワー P_{ijk} と発生効率 η_{ijk} はそれぞれ次式で表される。

【0022】

【数1】

※ A_{eff} ：実効断面積（ $=\pi W^2$ ，W：モードフィールド径）

【0025】ここで、 $\Delta\beta$ は位相不整合量と呼ばれ、光ファイバの波長分散スロープ $dD/d\lambda$ が一定であるとき、次式のように表される。

40 【0026】

【数3】

② $\lambda_i = \lambda_j \neq \lambda_k$ のとき

$$\Delta\beta = \frac{\pi \lambda^4}{c^2} \cdot \frac{dD}{d\lambda} \cdot 2 (\lambda_i - \lambda_0) (\lambda_i - \lambda_0)^2$$

・・・式(4)

【0028】例えば、4中継区間から成る4波長波長多重伝送方式(図15参照)の場合、波長間隔 $\Delta\lambda_s = 3$ nmの等間隔に配置した場合(図16参照)の各中継段数での各チャンネルへのクロストーク(=光ファイバ出力端でのFWM光パワーと信号光パワーとの比)の計算例を図17に示す。

【0029】この計算に用いたパラメータは以下の通りである。

$\lambda = 1.55 \mu\text{m}$, $\chi_{1111} = 5.0 \times 10^{-15}$ esu, $A_{\text{eff}} = 4.6 \times 10^{-11}$ m², $\alpha = 5.4 \times 10^{-5}$ m⁻¹ (0.24 dB/km), $dD/d\lambda = 0.065$ ps/nm²/km, $L = 70$ km, $P_{\text{in}} = 10$ dBm/ch, $\Delta\lambda_s = \lambda_0 - \lambda_1 = 2$ nm, $D_{\text{ch1}} = 0.13$ ps/nm/km

【0030】これより、各チャンネルに重畳されるFWM光の組合せ数と各チャンネルの分散値から、チャンネルCH2のクロストーク量が最大となることが分かる。

【0031】一方、各中継段で発生するFWM光の位相が一致する最悪の場合を考えると、クロストーク光は電界加算されるので、M段の中継区間伝送後のFWM光パワー P_{FWM} は、1中継区間に発生するFWM光パワーの M^2 倍となる。

【0032】従って、4中継後に受信感度を確保するための所要クロストーク量を-18 dBとすると、1つの中継区間での所要クロストークは-30 dBとなり、図17よりチャンネルCH2だけがこの条件を満たさない。

【0033】そこで、2区間中継後、EDFA3の前、もしくはEDFA3の中で、図1に示すようにチャンネルCH1とCH2の波長を入れ換えてから残りの2区間を中継すると、最悪の場合(FWMクロストーク光の偏波および位相が一致している場合)でも、図2に示すように、全てのチャンネルが4中継後の所要クロストーク量-18 dB以下になることが分かる。

【0034】〔構成及び作用〕

(1) 上記の事例に基づいて発明の概念を拡大すると、本発明に係る光波長多重伝送方式では、図3に示すように、入力した波長多重された光信号を各波長毎に分波する波長選択フィルタ1と、該フィルタ1で分波された各波長の信号を制御信号に従って波長変換することにより波長間の入れ換えを行ってクロストーク光レベルを所定値以下にする波長変換器2(総称して示す)と、該波長変換器2から出力された各波長の信号を合波して出力する合波器3と、を備えた波長変換装置を含むことを特徴としている。

【0035】即ち、図3に示す波長変換装置において、波長 $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_3, \lambda_4$ が多重された信号光を入力した波長選択フィルタ1は、これらの各波長 $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_3,$

λ_4 の信号光に分離して波長変換器2に与える。

【0036】波長変換器2では、図1に示した如く波長 λ_1 と λ_2 とを入れ換えて合波器3に送ると、合波器3ではこれらの波長 $\lambda_2, \lambda_1, \dots, \lambda_3, \lambda_4$ を合波して出力するので、例えば波長多重数が「4」で光中継器数が

「4」の場合には、図2に示したように基準値以下のFWMクロストーク量が全チャンネルに対して得られる。

【0037】(2) また、上記の光波長多重伝送方式においては、上記の制御信号によって、波長変換すべき少なくとも1つの波長変換装置を指定することができる。

【0038】即ち、上記の波長変換装置を光伝送路に複数個挿入したとき、例えば中央制御部(図示せず)からの制御信号を所定の1個の波長変換装置又は複数個の波長変換装置に与えて波長変換を行うべき波長変換装置を指定すれば、所望の波長入れ換えを行うことができる。

【0039】(3) また、この場合に複数の波長変換装置間で所定ローテーションに従って波長交換を行うこともでき、この場合には、FWMクロストーク量が均一化され、SPM-GVD効果による波形劣化の差も小さくなる。

【0040】(4) 更に、上記の光波長多重伝送方式においては、図4に示すように、該波長選択フィルタ1を、入力した波長多重された光信号を該多重された波長の数だけ分波する分波器1-1と、該分波器1-1の各出力光信号から互いに異なる波長を選択する波長選択フィルタ1-2とで構成することができる。

【0041】この場合には、波長 $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_3, \lambda_4$ が多重された信号光を分波器1-1で全チャンネルについて同様に出力して波長選択フィルタ1-2に送り、波長選択フィルタ1-2ではそれぞれ波長 $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_3, \lambda_4$ について分離して波長変換器2に送る。この後は、図3の場合と同様の動作となる。

【0042】(5) 更に、上記の光波長多重伝送方式においては、図5に示すように、該合波器3の後段に、該波長変換器2による損失を補償する光増幅器4を設けることが好ましい。

【0043】上記の波長変換器2で光損失が発生した場合、この損失を合波器3の後段で光増幅器4により一括して補償している。

【0044】(6) 更に、上記の光波長多重伝送方式においては、図6又は図7に示すように、各波長変換器2と該合波器3との間に各波長変換器2の変換効率に対応して互いに均一なレベルに光増幅する光増幅器5を設けてもよい。

【0045】この場合には、図6に示すように、各波長の波長変換効率に応じて利得を調節できるように、各波

長変換器 2 の後段で個々の波長ごとに光増幅器 5 を挿入して光損失を補償している。

【0046】また、図 7 に示すように、図 5 の構成例と図 6 の構成例を組合せ、伝送路損失（中継利得）と波長変換損失の両方を補償してもよい。

【0047】尚、上記の波長変換装置は従来からの中継器内に設置することができるが、該中継器内に限らず伝送路のどこに挿入しても構わないものである。

【0048】このようにして本発明により光ファイバの零分散波長周辺の帯域を利用した光波長多重伝送方式において、FWM クロストークの影響を低減し、再生中継器間隔を確保することができる。

【0049】

【実施例】図 8 は、図 3～図 7 に示した波長変換器 2 の実施例（1）を示したもので、制御信号によって動作可能となり入力光信号の波長 λ_i を別の波長 λ_j に変換する光-光変換型の半導体レーザ 20 を用いている。

【0050】この半導体レーザ 20 では、光入射し、屈折率変化により発振波長を変化させることにより光領域で波長変換を行うことができるものである。

【0051】また、図 9 は波長変換器の実施例（2）を示したもので、この実施例では、光素子 21 と半導体レーザ 22 とで構成しており、光素子 21 では波長 λ_i の入力光信号を電気信号に変換し、この電気信号をやはり制御信号によって動作可能となる電気-光変換型の半導体レーザ 22 で別の波長 λ_j に変換している。

【0052】上記の説明においては、波長多重数の設計例として「4」を用いて説明したが、本発明はこの波長多重数が 4 を越えた場合でも適用することができる。

【0053】図 10 は波長多重数が「10」で 4 中継区間の場合の波長入れ換えを行ったときの波長配置例を示しており、この例では、波長間隔 1 nm、 $P_{in} = 7$ dBm/ch、 $\Delta\lambda_g = 20$ nm、 $D_{ch1} = 0.13$ ps/nm/km の条件で、第 3 段中継器でチャンネル CH1 と CH3、チャンネル CH4 と CH10、チャンネル CH5 と CH9 の波長を入れ換えている。

【0054】この結果、FWM クロストーク量は、図 11 に示す波長入れ換え無しの場合に比べて図 12 に示すように最終段中継器では基準値 -1.8 dB を下回っている。

【0055】尚、この実施例では、伝送路中で 1 回のみ波長入れ換えを行っているが、複数回行ってもよい。

【0056】図 13 は、上記の 4 波 4 中継区間光波長多重伝送方式の場合、EDFA1～EDFA4 の中継区間ごとに、所定ローテーションに従って波長を入れ換える例を示しており、図 14 には、そのときの各チャンネルでの FWM クロストーク量が示されている。

【0057】この場合には第 4 段中継器において基準以下の FWM クロストーク量になっていると共に全て同一のクロストーク量になっているため、各チャンネルのク

ロストーク量が均一になり、光 SNR も均一になる。さらには、各チャンネルの総分散量も均一化されるので、SPM-GVD 効果による波形劣化の差も小さくなる。これは、分散補償が必要な場合、その設計を容易にする効果がある。

【0058】

【発明の効果】以上説明したように本発明に係る光波長多重伝送方式によれば、入力した波長多重された光信号を各波長毎に分波する波長選択フィルタと、該フィルタで分波された各波長の信号を制御信号に従って波長変換することにより波長間の入れ換えを行ってクロストーク光レベルを所定値以下にする波長変換器と、該波長変換器から出力された各波長の信号を合波して出力する合波器とを伝送路中に挿入するように構成したので、FWM クロストークの影響を低減し、再生中継器間隔を確保することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明に係る光波長多重伝送方式の波長入れ換えの原理を示した図である。

20 【図 2】本発明に係る光波長多重伝送方式における各中継区間後の FWM クロストーク量を示したグラフ図である。

【図 3】本発明に係る光波長多重伝送方式における波長変換装置の構成例（1）を示したブロック図である。

【図 4】本発明に係る光波長多重伝送方式における波長変換装置の構成例（2）を示したブロック図である。

【図 5】本発明に係る光波長多重伝送方式における波長変換装置の構成例（3）を示したブロック図である。

30 【図 6】本発明に係る光波長多重伝送方式における波長変換装置の構成例（4）を示したブロック図である。

【図 7】本発明に係る光波長多重伝送方式における波長変換装置の構成例（5）を示したブロック図である。

【図 8】本発明に係る光波長多重伝送方式における波長変換装置に用いられる波長変換器の実施例（1）を示したブロック図である。

【図 9】本発明に係る光波長多重伝送方式における波長変換装置に用いられる波長変換器の実施例（2）を示したブロック図である。

40 【図 10】本発明に係る光波長多重伝送方式において波長数が 10 の場合の波長配置を示した図である。

【図 11】本発明に係る光波長多重伝送方式において波長数が 10 で波長交換を行わなかった場合の各中継区間後の FWM クロストーク量を示したグラフ図である。

【図 12】本発明に係る光波長多重伝送方式において波長数が 10 で波長交換を行った場合の各中継区間後の FWM クロストーク量を示したグラフ図である。

【図 13】本発明に係る光波長多重伝送方式において波長ローテーションを行った例を示した図である。

50 【図 14】本発明に係る光波長多重伝送方式において波長ローテーションしたときの各中継区間後の FWM クロ

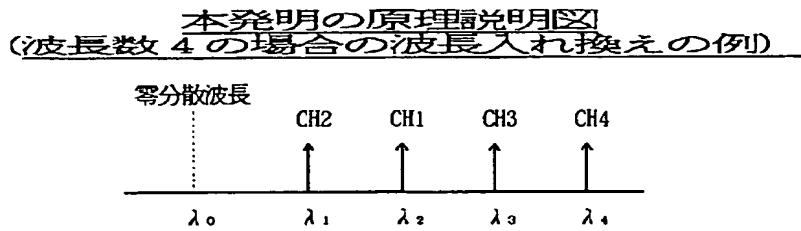
ストーク量を示したグラフ図である。

【図15】4中継の場合の光波長多重伝送方式の一般的な系統図である。

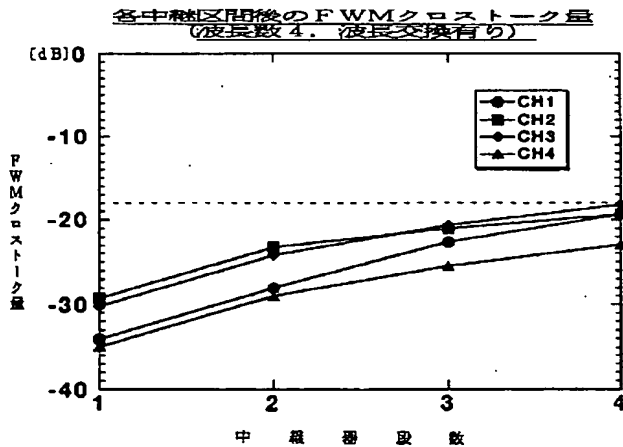
【図16】4中継の場合の光波長多重伝送方式の波長配置例を示した図である。

【図17】波長数4で波長交換を行わなかった場合の光波長多重伝送方式において各中継区間のFWMクロストーク量を示したグラフ図である。

【図1】

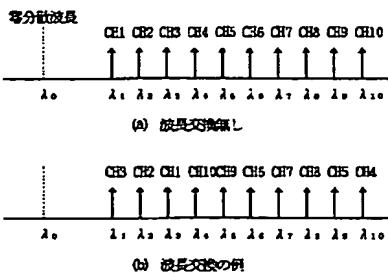


【図2】



【図10】

波長数10の場合の波長配置例



【符号の説明】

1, 1-2 波長選択フィルタ

1-1 分波器

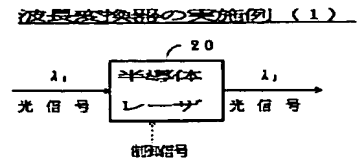
2 波長選択器

3 合波器

4, 5 光増幅器

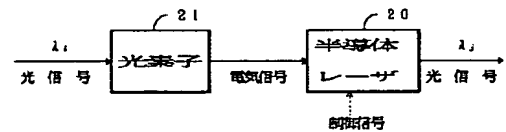
図中、同一符号は同一又は相当部分を示す。

【図8】



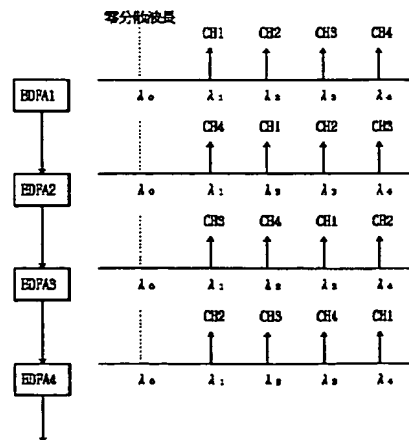
【図9】

波長変換器の実施例(2)



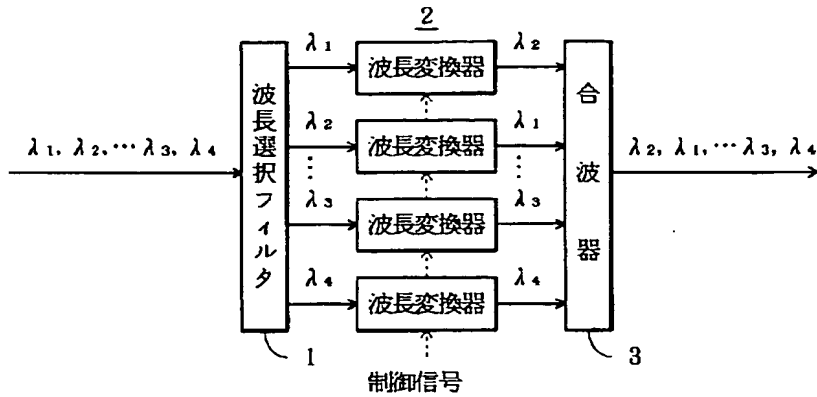
【図13】

波長ローテーションの例



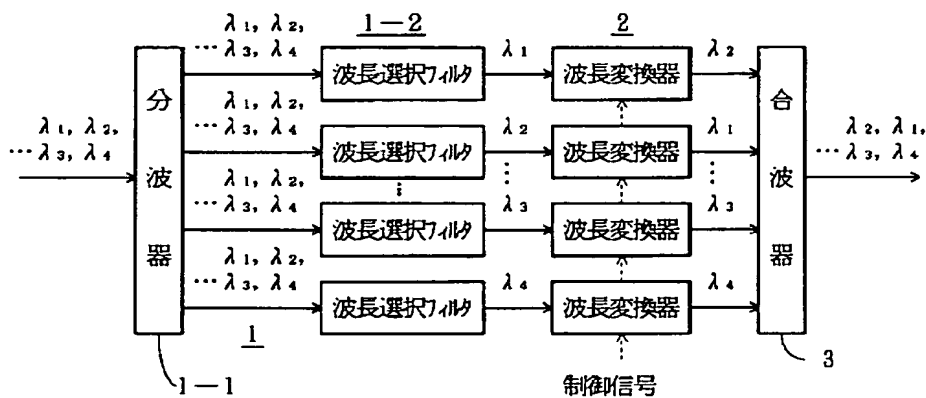
【図 3】

本発明の構成例 (1)



【図 4】

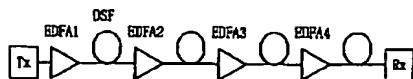
本発明の構成例 (2)



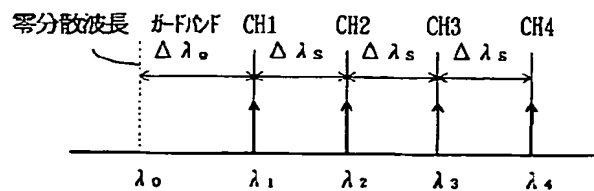
【図 15】

【図 16】

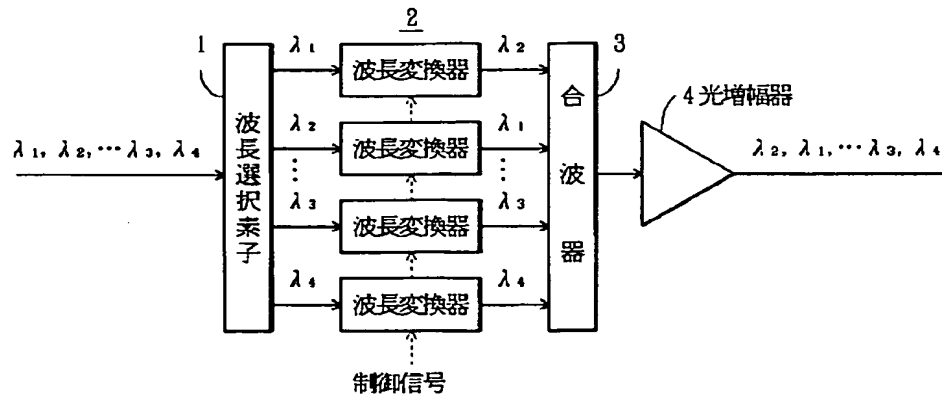
波長多重伝送方式例 (4 中継の場合)



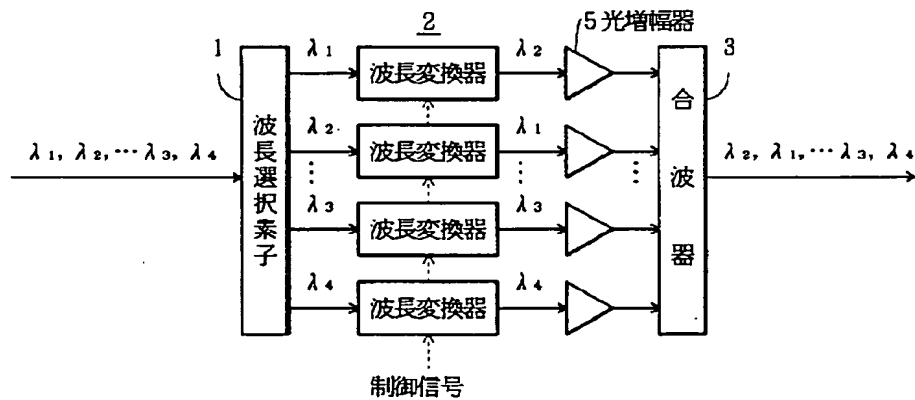
波長配置図例 (波長数 4 の場合)



【図5】

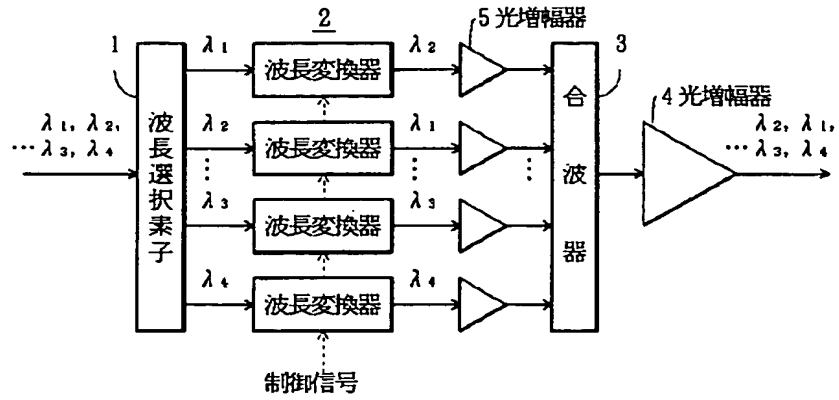
本発明の構成例 (3)

【図6】

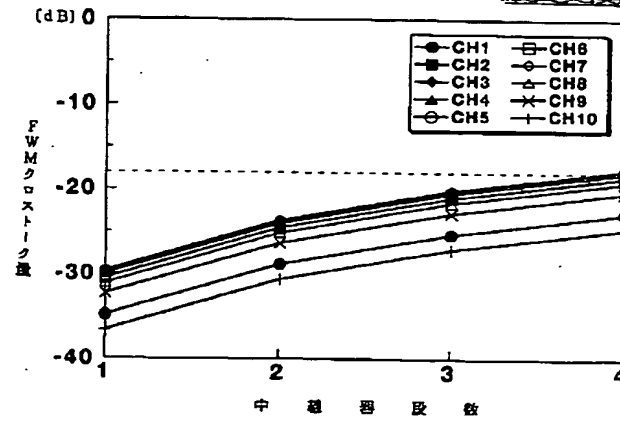
本発明の構成例 (4)

〔図7〕

本発明の構成例（5）

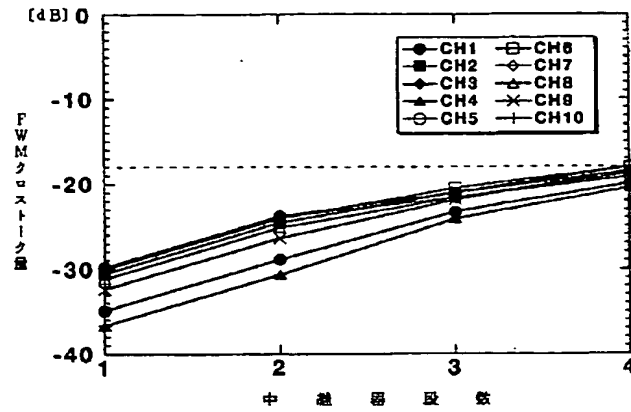


〔図11〕

波長数10の場合の各中継区間後のFWMクロストーク量
(波長変換無し)

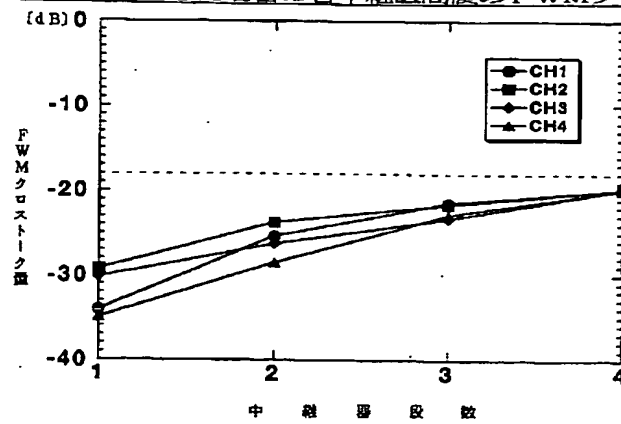
【図12】

波長数1.0の場合の各中継区間のFWMクロストーク量
(波長交換有り)

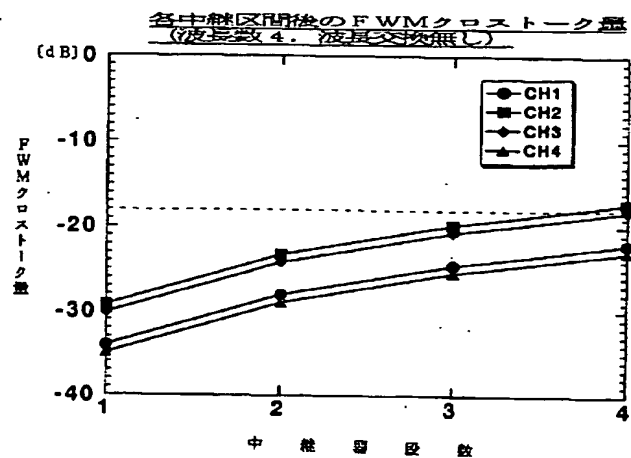


【図14】

波長ローテーションした場合の各中継区間のFWMクロストーク量



【図17】



フロントページの続き

(51) Int. Cl.⁶

H 0 4 J 14/00

14/02

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 09-247091

(43)Date of publication of application : 19.09.1997

(51)Int.Cl. H04B 10/02
H04B 10/18
H04J 14/00
H04J 14/02

(21)Application number : 08-051803

(71)Applicant : FUJITSU LTD

(22)Date of filing : 08.03.1996

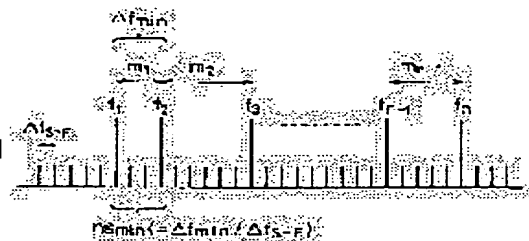
(72)Inventor : MIYATA HIDEYUKI
ONAKA HIROSHI
CHIKAMA TERUMI

(54) OPTICAL TRANSMITTER AND OPTICAL TRANSMISSION SYSTEM

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To attain stable transmission by forming at least optical frequencies of plural optical signals with combinations of three optical frequencies or over and differentiating a difference of all of two optical frequencies over a 1st separation or over so as to avoid the effect of FWM crosstalk.

SOLUTION: All signal lights f_1 - f_n are arranged to any slot set at an interval of $\Delta f_S - F$. In this case, an FWM light is in existence in any slot. When an interval between optical frequencies f_i and f_{i+1} ($i=1-n-1$) is selected to be a multiple of m_i of the slot Δf_{i+1} , a separation of the $\Delta f_S - F$ is secured between the FWM light and the signal light by deciding m_1, \dots, m_{n-1} so that the m_1, m_2, \dots, m_{n-1} and consecutive ($i-2$) sets of sums $m_1+m_2, m_2+m_3, \dots, m_2+m_3+\dots, m_{i-1}$ are all different. Furthermore, the required band width is minimized by minimizing the sum of all m_i , that is, $m_1+m_2+\dots+m_{n-1}$.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☒ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.